



ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE LA INDUSTRIA OLEÍCOLA DESDE UN ENFOQUE MULTIOUTPUT CON DISTANCIAS ECONOMETRICAS*

Dios-Palomares, Rafaela (Universidad de Córdoba) **

Martínez Paz, Jose Miguel (Universidad de Murcia) ***

RESUMEN

Este trabajo estudia el nivel de eficiencia técnica de la industria oleícola andaluza, utilizando la metodología de las funciones distancia e incorporando además del output de volumen de producción, más clásico, otros más novedosos, como son el nivel de calidad de la producción y la incorporación de prácticas respetuosas con el entorno en esta industria. Partiendo de una muestra de 88 industrias almazaras de Andalucía se elaboran sendos índices para estos outputs, de forma tal que la calidad se cuantifica mediante la construcción de un agregado que recoge aspectos relacionados con la separación de la aceituna, los puntos críticos y la trazabilidad. El respeto ambiental se evalúa a través de otro índice que incorpora los impactos producidos en el suelo, aguas, y aire, así como ruidos, molestias vecinales, etc. La ponderación de los diferentes aspectos en los índices se llevan a cabo aplicando un método Delphi a un panel de expertos del sector. La estimación de la eficiencia de la industria se realiza aplicando la metodología de funciones distancia, considerando como outputs la producción de aceite y los índices de calidad y respeto medioambiental. Los inputs incluidos en el análisis son el trabajo y el capital, tanto fijo como circulante. Se realiza la estimación de diferentes especificaciones funcionales mediante máxima verosimilitud con tres distintas orientaciones: distancia de outputs, distancia de inputs y distancia hiperbólica permitiendo esta última la orientación tanto a outputs como a inputs simultáneamente. Finalmente se realiza un análisis de factores de eficiencia mediante la estimación de una regresión tobit.

Palabras claves: Eficiencia técnica, función distancia econométrica, calidad, impacto ambiental, almazaras. **JEL:** C29, L66, O14, Q13

ABSTRACT

This paper studies the level of technical efficiency in the olive oil production sector, applying econometric distance functions from a multioutput perspective. It not only regards the olive oil production but also takes into account the quality and environmental impact of the production process. These two latest outputs have been represented by mean of two corresponding indices. All the study has been performed on the basis of information on a 88 olive oil industries sample. Quality index collects different aspects in relation with olive oil proportion on the total production, critical points and traceability and the environmental index includes bad impacts on soil, water, and air, also considering noise and neighborhood disturbances. Three data sources have been used: a comprehensive survey of a sample of olive oil producers, their financial reports and the opinion of a group of experts in olive oil

* Los autores quieren agradecer los comentarios realizados por los revisores anónimos a la versión original remitida a la revista, que han permitido mejorar la presentación del artículo publicado, siendo responsabilidad única de los autores cualquier error que persista en éste.

** Grupo de Eficiencia y Productividad de la Universidad de Córdoba.- EFIUCO. Universidad de Córdoba. Dpto. de Estadística. Campus de Rabanales. Edificio. 14014. Córdoba. rdios@uco.es

*** Grupo de Eficiencia y Productividad de la Universidad de Córdoba.- EFIUCO. Universidad de Murcia. Dpto. de Economía Aplicada. Campus de Espinardo. 30100. Murcia. jmpaz@um.es

Recibido: Febrero de 2010. Aceptado: Junio de 2010

production techniques interviewed by means of the Delphi technique. The inputs are labor, capital and cash flow. Different econometric frontier model specifications have been estimated by maximum likelihood method considering three orientations: outputs, inputs, and simultaneously both, the latter having been carried out by means of a hyperbolic distance consideration. A tobit model has been also applied in order to detect possible influences of some firm's characteristics in the efficiency level.

Key words: Technical efficiency; econometric distance function; quality index; environmental index; olive oil industry. **JEL:** C29, L66, O14, Q13

1. INTRODUCCIÓN

El aceite de oliva es un producto de singular importancia en el sistema agroalimentario mediterráneo, y especialmente en el español por dos razones básicas: de una parte este alimento es elemento fundamental de la conocida como “dieta mediterránea”. De otra, España, y especialmente una de sus regiones, Andalucía, es la principal zona productora a nivel mundial: así, y considerando el último quinquenio (2003-2008), más del 40 por 100 del total del aceite de oliva producido en el mundo es de origen español, siendo más de un 80 por 100 del mismo de origen andaluz (MAPA, 2008).

El sector industrial de fabricación del aceite de oliva, objeto de este estudio, es la parte central de una cadena productiva que comienza en el sector olivarero, productor de la aceituna, y termina con el sector envasador y comercializador del aceite de oliva. Este sector productivo está altamente regulado por la Política Agraria Común de la Unión Europea (CAP) a través de la Organización Común de Mercado del aceite de oliva, de acuerdo al Reglamento CE 136/66, y sus reformas sucesivas de los años 1998 (Reglamento CE 1638/98), 2004 (Reglamento CE 865/2004) y 2007 (Reglamento (CE) 1234/2007). Estas regulaciones siguen la línea ya marcada por la reforma de la CAP de 1992. En ella, se tiende a una reducción paulatina de las ayudas directas a la producción, y por ese motivo el futuro del sector oleícola industrial debe necesariamente aumentar su nivel de rentabilidad directa. Para esto debe producirse un incremento de sus niveles de eficiencia y productividad y también se deben poner en práctica políticas comerciales destinadas a la apertura de nuevos mercados competitivos para que se compense el continuado descenso de las ayudas a la producción de la PAC, que tendrá lugar en un futuro próximo (Mili, 2009).

La importancia social, económica y medioambiental del sector olivarero en España y especialmente en Andalucía es una realidad ampliamente conocida y estudiada (UE, 2007). El destino de cerca del 90 por 100 de toda la aceituna producida (MAPA, 2008) es la fabricación de aceite y, por ende, el futuro del sector del olivar va íntimamente unido y condicionado por el de su industria extractora. Por tanto, una mejora en los procesos productivos industriales revierte directamente en la del sector agrícola asociado. En adición, la estructura empresarial del sector es muy particular debido a que tiene una gran presencia de asociaciones de productores de aceituna.

El análisis de eficiencia en la producción viene siendo aplicado con mucha frecuencia, en el ámbito de la eficiencia técnica a través de función frontera de producción, y también en el de la eficiencia asignativa y económica tomando como base la frontera de costes o la de beneficios. Las dos metodologías más empleadas en la actualidad en la estimación de la eficiencia mediante función frontera son, la programación matemática mediante Análisis Envolvente de Datos o DEA (Seiford y Thrall, 1990) y la que se denomina frontera

econométrica (Battese, 1992). Ambos métodos permiten estimar el nivel de eficiencia medio de la muestra así como el índice de eficiencia de cada empresa.

El estudio de la eficiencia en el sector agrario tiene una amplia tradición, y queda de manifiesto en los meta-análisis que Bravo-Ureta y Pinheiro (1993), han realizado sobre este tipo de trabajos. Ellos analizan 39 casos, y Abdourahmane *et al.* (2001) recogen 51 estimaciones de eficiencia técnica proveniente de 32 trabajos. El más reciente de Bravo-Ureta *et al.* (2007) relaciona 167 estudios de eficiencia técnica a nivel de explotación. En España se viene realizando desde finales de la década de los ochenta un gran número de aplicaciones empíricas, con un gran abanico de distintos métodos (Álvarez, 2001). Centrándonos en las realizadas en la última década, destacan por su número los trabajos dedicados al estudio de la eficiencia de las explotaciones lecheras y ganaderas, entre los que cabe señalar los de Cuesta (2000), Álvarez y Arias (2004), Orea *et al.* (2004) o Iraizoz *et al.* (2005). Otros análisis de eficiencia técnica a nivel de explotación para la agricultura española son los de la horticultura navarra de Iraizoz *et al.* (2003), el regadío andaluz de Rodríguez *et al.* (2004), Dios-Palomares y Martínez-Paz (2004) de las explotaciones hortícola en invernadero, Colino y Martínez (2007) de horticultura intensiva en el sureste, Picazo y Reig (2006 y 2007) en el sector de cítricos, Arandia y Aldanondo (2007) para las explotaciones vinícolas o Reig *et al.* (2008), arrozales de Valencia. En el sector de producción de aceituna en España podemos señalar los recientes trabajos de Amores y Contreras (2009) que analizan la eficiencia del olivar andaluz según tipologías de explotaciones y el de Lambarraa *et al.* (2007 y 2009) que estudian la eficiencia técnica y el crecimiento de la productividad en el olivar español, utilizando la metodología de distancia econométrica. A nivel internacional los trabajos recientes más destacables son los de Giannakas *et al.*, (2000); Tzouvelekas *et al.* (2001) y Karagiannis *et al.*, (2003) y el de Karagiannis y Tzouvelekas (2009), todos ellos sobre la eficiencia técnica del sector del olivar en Grecia.

En relación con las aplicaciones al sector agroindustrial en España, destacar los realizados por Feijoo y Pérez (1994) sobre las industrias agroalimentarias de Aragón; el trabajo de Vidal y Campo (2000) sobre la cooperativas de comercialización hortofrutícola de la Comunidad Valenciana; el análisis efectuado por Dios-Palomares y Martínez (2002) al sector de empresas distribuidoras alimentarias utilizando datos de panel; los estudios de Martínez-Paz *et al.* (2005) y Dios-Palomares *et al.* (2006) para el sector conservero o el de Galdeano (2006) de las cooperativas hortícolas andaluzas utilizando índices de Malmquist. En cuanto al análisis de eficiencia de industrias almazaras, aparte de nuestras investigaciones, podemos destacar los dos siguientes estudios: Millán (1986) y Damas y Romero (1997) que analizan ambos la eficiencia técnica de las almazaras de la provincia de Jaén (España), no habiéndose encontrado trabajos que estudien la eficiencia de este sector industrial fuera de España.

El presente trabajo recoge resultados de una línea de investigación viva y que venimos desarrollando en base a la ausencia de otros estudios recientes que analicen el nivel de eficiencia de esta industria. A esto se suma su importancia socioeconómica, y la necesidad de aumentar la competitividad directa del sector. Su principal objetivo es la medición de la eficiencia técnica del mismo, paso previo a la evaluación de las posibilidades de mejora en la gestión de los recursos en esta industria.

En cuanto a la orientación idónea del modelo, hay que decir que el análisis de eficiencia a través de funciones frontera, hasta época reciente, solo se había realizado orientando la función distancia radialmente en uno de los siguientes sentidos contrarios: al output o al input. Como es bien conocido, en la primera se busca la frontera en el máximo output, dados los

inputs usados y en la segunda, la distancia se orienta hacia la frontera de mínimo inputs, dados los outputs producidos.

Cuando se realiza una aplicación empírica de análisis de eficiencia a través de métodos frontera, es siempre deseable que la propia estructura del proceso tecnológico de producción y la situación e intereses del sector, nos lleven a determinar de antemano la orientación que se debe aplicar en la aproximación a la frontera. En el caso que nos ocupa del análisis de eficiencia del sector oleícola, nos encontramos con condicionantes que nos dificultan la toma de esta decisión de una forma clara. En primer lugar, y dada la importancia de la producción de aceite de oliva en el sector agroalimentario andaluz, una estrategia podría ser la de incrementar la producción, aunque haya que hacer un esfuerzo extra en la apertura de nuevos mercados tanto nacionales como internacionales. Es decir, la mejora y salvación del sector puede estar en aprovechar la excelencia del producto. Estas razones justificarían la orientación output que, por otra parte, asumiría mantener el uso de inputs realmente consumidos e implantados en las industrias del sector. El análisis de eficiencia con esta orientación nos permitiría conocer hasta que límites se podrían incrementar los outputs sin consumir más inputs de los ya consumidos, y sólo aplicando estrategias que lleven a las empresas a ser más eficientes en el uso de los mismos.

Sin embargo, a pesar de lo anteriormente expuesto, es un hecho que el sector está entrando en una situación de sobreproducción que puede incluso perjudicar la política de precios, al menos mientras no se consiga una apertura real de los mercados internacionales.

Esta circunstancia, nos llevaría también a la opción de realizar un análisis de eficiencia orientado al input, con el fin de estimar el límite inferior en el uso de recursos, tratando de que el sector ahorre sobre todo capital, y que esto redunde en una bajada de costes con miras a abaratar el precio de mercado, aumentando la competitividad.

Bajo esta línea de investigación, hemos realizado análisis, con anterioridad al que se presenta en este documento, y todos se enmarcan en el ámbito de la estimación de la eficiencia técnica mediante métodos frontera no paramétricos. Concretamente en Dios-Palomares *et al.* (2006) se muestran los resultados obtenidos mediante la aplicación de un nuevo método para la consideración de variables de entorno, que tiene como base la metodología DEA (Análisis Envoltente de Datos) en tres etapas, y estima la eficiencia técnica de la producción de aceite de oliva, desde la perspectiva de considerar posibles diferencias estructurales entre empresas cooperativas y almazaras industriales. En dicho trabajo, que se realizó considerando la producción de aceite como único output, y orientando al input, se concluye la existencia de diferente frontera para las empresas, según su forma jurídica. Resultaron más productivas las almazaras industriales, por su distinta organización y gestión empresarial. Igualmente, se estima una eficiencia media entre el 56 por 100 y el 70 por 100 con una posibilidad importante de reducción de input en torno al 50 por 100.

Respecto a la actual situación de la industria oleícola, hemos considerado oportuno realizar un estudio globalizado de la misma, incorporando al análisis dos aspectos imprescindibles hoy en día en el contexto de la producción de aceite de oliva, como son el respeto medioambiental y la calidad¹ en la producción. Así, se ha planteado la cuantificación de los niveles que tienen las empresas en estos dos aspectos, que son claves para el futuro del sector. Es realmente imprescindible conseguir un producto de calidad, que permita implementar estrategias de diferenciación y segmentación del mercado (Gázquez y Sánchez,

¹ Hay que puntualizar que la calidad se refiere al proceso de producción de la empresa y no estrictamente a la calidad de aceite producido.

2009). Por otro lado, también son fundamentales para que los procesos sean ambientalmente sostenibles, como exigen en la actualidad los reglamentos administrativos y por las ventajas competitivas de imagen teniendo en cuenta que el consumidor es cada vez mas exigente con estos temas (Martínez-Carrasco *et al.*, 2009).

Para el desarrollo de este objetivo se han diseñado y construido unos indicadores de los niveles de impacto ambiental y de la calidad del proceso productivo, que constituyen una aportación a destacar, ya que suponen un diseño propio y aportan relevante información para el sector. Se pueden encontrar resultados previos al presente trabajo, en el ámbito no paramétrico, en el contexto de la metodología DEA (Dios-Palomares *et al.*, 2007). Esta aplicación, se realizó, considerando tres outputs: producción, calidad y respeto medioambiental, y orientando al output. El interés de este enfoque obedece a la necesidad de globalizar el proceso productivo del aceite de oliva, tomando en consideración conjuntamente tanto la Producción como la Calidad y el Respeto Medioambiental, que son tres resultados del mismo y que comparten factores de producción². La eficiencia técnica media estimada se encontró en torno al 60 por 100, con una gran proporción de empresas operando en retornos decrecientes. Tras un análisis de segunda etapa, se concluyó una mayor eficiencia para las almazaras industriales y para las empresas con menos personal fijo.

Como es bien conocido, los métodos no paramétricos aplicados para la estimación de función frontera, concretamente los modelos DEA más utilizados, que son los CCR y BCC, tienen ventajas e inconvenientes en relación a los modelos econométricos. La principal ventaja es que no es necesario establecer una especificación de la forma funcional que recoge la tecnología de producción, siendo otra importante ventaja la de poder incorporar al análisis más de un output. No ocurre esto en la estimación mediante el modelo de frontera econométrica, donde solo se puede tratar un output, suponiendo esto una limitación, que se resolvía agregando cuando era posible. Sin embargo, este aspecto ha sido soslayado con la aparición de las funciones distancia econométricas (Coelli y Perelman 1998 y 2000).

Por otro lado, uno de los mayores inconvenientes de los modelos DEA, es que su carácter no paramétrico no permite la estimación de parámetros estructurales, ni la contrastación de hipótesis que afectan a dichos parámetros, como por ejemplo la separabilidad entre inputs y outputs, o la complementariedad entre outputs. Tampoco se considera para nada el error aleatorio del modelo. En este sentido hay que decir, no obstante, que últimamente se han desarrollado nuevas metodologías que permiten obviar este problema, siendo lo más destacado la aplicación de técnicas bootstrap, que corrigen sesgos e inconsistencias en las estimaciones, y modelizan la eficiencia³.

En el ámbito de la orientación del modelo, recientemente han surgido nuevos enfoques y metodologías que les dan soporte y que permiten realizar orientaciones a través de otro tipo de distancias distintas de las ya comentadas orientadas radialmente al output o al input. Concretamente, la distancia hiperbólica nos permite orientar simultáneamente en el sentido de maximizar outputs y minimizar inputs. Este tipo de distancia direccional se ha aplicado mucho en modelos no paramétricos que incluyen outputs no deseados, con el fin de buscar una dirección hacia la frontera que maximice el output deseado y minimice el no deseado

² Este es el enfoque multioutput del presente trabajo y se comentará más en profundidad en el apartado de Metodología.

³ En este tema son un referente indiscutible L. Simar y P. Wilson. Precisamente este último ha implementado en lenguaje R el paquete FEAR, que incluye todas estas técnicas.

simultáneamente (Fare and Grosskopf, 2000). En el contexto de distancias econométricas, Cuesta y Zofío (2005) han aplicado la orientación hiperbólica a la banca española.

En base a todo lo anterior, hemos creído muy interesante continuar con la investigación del análisis de eficiencia del sector oleícola, con la intención de contrastar los resultados ya obtenidos y además profundizar en algunos aspectos que los métodos no paramétricos no nos permiten. Además, dado que cada orientación puede tener interés y ya se han realizado las dos orientaciones, resulta evidente la utilidad del estudio de la eficiencia del sector simultaneando ambas orientaciones, lo que es posible aplicando funciones distancias direccionales.

Es por ello que en este trabajo, hemos aplicado funciones distancias econométricas para el estudio de la eficiencia del sector, y ante la tesitura antes comentada hemos optado por contrastar empíricamente las siguientes tres funciones: distancia de outputs, distancia de inputs y distancia hiperbólica. Entendemos que un análisis comparativo de las tres puede aportar una información válida con vistas al planteamiento posterior de estrategias de mejora del sector. Para esto último interesa también contratar si existe o no distinto comportamiento entre las empresas cooperativas y las industrias almazaras. Asimismo se comprobará si los niveles de eficiencia encontrados en nuestros trabajos anteriores se confirman, aunque cabe esperar un aumento de los mismos debido a la aplicación de métodos paramétricos.

En adición, la forma funcional flexible translog, permite contrastar los términos de segundo orden y la separabilidad entre inputs y outputs. En el tema de la relación entre outputs, interesa contrastar la significación de los términos cruzados de segundo orden que detectaría la presencia de elasticidades de sustitución entre los mismos. Como hipótesis previa, se plantea que si bien los tres outputs tienen inputs compartidos, no cabe esperar que sean sustituibles, dadas las características de los dos outputs pseudos-intangibles que son la calidad y el respeto medioambiental.

Por último, y en relación con la escala óptima de las empresas, interesa realizar un análisis de retornos de escala con base en los parámetros estimados del modelo. Esto nos permitirá confirmar, si a tenor de los resultados anteriores, hay muchas empresas en retornos decrecientes que no están operando en su tamaño óptimo.

Tras la introducción que se acaba de presentar, el trabajo continúa con la descripción teórica de la metodología de funciones distancia utilizadas en este trabajo para estudiar la eficiencia. Aspectos metodológicos más concretos del trabajo tales como el origen de los datos utilizados, el proceso de construcción de los indicadores de calidad y medioambiente o la formulación concreta de la función distancia, ocupan el tercer epígrafe del trabajo, que da paso al capítulo de resultados, terminando con un epígrafe de resumen y conclusiones. El anexo que sucede a las referencias bibliográficas contiene las estimaciones realizadas y no incluidas en el cuerpo del trabajo.

2. EFICIENCIA TÉCNICA EN PROCESOS MULTI-OUTPUT MULTI-INPUT: FUNCIONES DISTANCIA ECONOMÉTRICAS

El estudio de la eficiencia técnica en procesos multioutput tiene en las técnicas no paramétricas (básicamente el análisis envolvente de datos – DEA) su forma de medición más popular en la literatura especializada, salvo cuando se procede a la agregación de los productos en un valor simple mediante la construcción de algún indicador compuesto, tal como índices de Fisher o Tornqvist (Caves *et al.*, 1982, Diewert, 1992) , en cuyo caso también se pueden utilizar los métodos de estimación de la eficiencia mediante aproximaciones paramétricas a la frontera de producción. Otra alternativa a la medición de la eficiencia en procesos de producción con varios productos es el empleo de la técnica de las

funciones distancia econométricas, que es la que vamos a emplear en este trabajo, tanto en su variante radial como hiperbólica. Seguidamente realizamos una breve introducción teórica de la función distancia, en general, y particularizando a continuación al contexto econométrico.

2.1 Funciones distancia

Cuando múltiples inputs se utilizan para producir múltiples outputs, las funciones distancia de Shephard (1953, 1970), proveen una caracterización funcional de la estructura de la tecnología de producción, y además están íntimamente ligadas a las medidas de la eficiencia técnica, jugando también un papel importante en la teoría de la dualidad.

Sea un proceso productivo, con una tecnología T dada, que transforma K inputs $X_i = (x_{1i}, \dots, x_{ki})$ en M outputs $Y_i = (y_{1i}, \dots, y_{mi})$ para “ i ” unidades productivas, DMU. Así el proceso puede venir representado por el conjunto:

$$P = \{(x, y) : y \text{ factible con } x\} \quad / \quad x \in R_+^K, y \in R_+^M$$

Asumiendo que este conjunto de posibilidades de producción satisface los axiomas clásicos (Fare *et al.* 1994, 1995), es posible definir una función de distancia sobre el mismo, capaz de medir movimientos equiproporcionales de las combinaciones productivas de este conjunto para alcanzar el límite ofrecido por la tecnología T , y que puede tomar una orientación al input, al output o hiperbólica (mezcla de ambas orientaciones) tal como desarrollamos a continuación:

2.1.1 Distancia de input

La función de distancia orientada al input (D_I) mide, dada la tecnología, la máxima reducción equiproporcional de un vector de inputs para producir un vector de output dado:

$$D_I(x, y) = \max \{\rho : (x/\rho) \in L(y)\}$$

$$L(y) = \{x \in R_+^K : y \text{ factible con } x\}$$

Siendo ρ el parámetro que mide la reducción equiproporcional de inputs.

Esta función distancia es no decreciente, homogénea lineal positiva, cóncava en inputs y decreciente en outputs. La misma tomará un valor mayor o igual que 1 si el vector de inputs (X_i) es un elemento del conjunto de inputs $L(y)$. En el caso de que dicho vector (X_i) esté situado en la frontera del conjunto $L(Y)$ el valor de la distancia será 1, encontrándose dicha unidad en situación de eficiencia técnica, lo cual se puede expresar como $D_I(x, y) \geq 1$ si $x \in L(y)$. Así la función distancia da lugar a una medida de la eficiencia técnica, siendo el recíproco del índice de eficiencia técnica de Farrell (Farrell, 1957).

La estimación de las funciones distancia puede realizarse mediante métodos no paramétricos (básicamente de programación lineal) y métodos paramétricos. En este trabajo vamos a optar por esta última vía, ya que permite realizar contrastes sobre la estructura de la producción y la naturaleza de la eficiencia aunque impone la asunción de una forma funcional predeterminada de la función de producción.

Función Distancia Econométrica de Inputs

Seleccionando una forma funcional flexible como es la translogarítmica, la especificación de la función distancia sería:

$$\begin{aligned}\ln D_{li} = & \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m \ln y_{mi} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M \alpha_{mn} \ln y_{mi} \ln y_{ni} \\ & + \sum_{k=1}^K \beta_k \ln x_{ki} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K \beta_{kl} \ln x_{ki} \ln x_{li} \\ & + \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M \delta_{km} \ln x_{ki} \ln y_{mi} \quad i = 1, \dots, N.\end{aligned}$$

Donde α son los parámetros relativos a los outputs, β son los parámetros relativos a los inputs y δ son los que recogen la relación de no separabilidad entre outputs e inputs.

En suma quedan implicados en el modelo K inputs, M outputs y N unidades productivas.

Para obtener la función distancia se fija $D_{li} = 1$, y se imponen una serie de restricciones de homogeneidad de grado 1 en inputs (expansiones radiales), simetría y separabilidad entre inputs y outputs:

$$\text{Homogeneidad: } \sum_{k=1}^K \beta_k = 1 \quad \forall k; \sum_{l=1}^K \beta_{kl} = 0 \quad \forall l; \sum_{k=1}^K \delta_{km} = 0 \quad \forall m$$

$$\text{Simetría: } \alpha_{mn} = \alpha_{nm} \quad \forall m, n; \quad \beta_{kl} = \beta_{lk} \quad \forall k, l$$

$$\text{Separabilidad: } \delta_{km} = 0 \quad \forall k, m$$

El método más empleado para imponer la condición de homogeneidad en inputs es, siguiendo a Lovell *et al.* (1994), normalizar la función distancia por uno cualquiera de los inputs de la expresión. Así si se realiza la normalización por el input K-ésimo $X_k^* = X_k / X_K$ y teniendo en cuenta que la condición de homogeneidad implica que $D_l(wx, y) = wD_l(x, y) \quad \forall w > 0$, la ecuación de distancia puede escribirse como:

$$\begin{aligned}\ln(D_{li} / x_{Ki}) = & \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m \ln y_{mi} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M \alpha_{mn} \ln y_{mi} \ln y_{ni} \\ & + \sum_{k=1}^{K-1} \beta_k \ln x_{ki}^* + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{l=1}^{K-1} \beta_{kl} \ln x_{ki}^* \ln x_{li}^* \\ & + \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{m=1}^M \delta_{km} \ln x_{ki}^* \ln y_{mi} \quad i = 1, \dots, N.\end{aligned}$$

Esta expresión puede escribirse de forma simplificada como:

$$\ln(D_{li} / x_{Ki}) = TL(x_i / x_{Ki}, y_i, \alpha, \beta, \delta)$$

que puede reordenarse como:

$$-\ln(x_{Ki}) = TL(x_i / x_{Ki}, y_i, \alpha, \beta, \delta) - \ln(D_{li})$$

La estimación de esta función implica obtener los valores de los parámetros que mejor ajusten la función a los datos y verifiquen la propiedad de que $D_l(x, y) \geq 1$ si $x \in L(y)$. Fijando el término de $u_i = \ln(D_{li})$ y añadiendo un término de error simétrico, v_i que capture el error aleatorio, se obtiene una expresión de la función distancia similar a la conocida función frontera estocástica de Battese y Coelli (1988), pudiendo estimar ya los parámetros de la misma por máxima verosimilitud. Así, la expresión de la función de distancia estocástica orientada a los inputs es:

$$-\ln(x_{Ki}) = TL(x_i / x_{Ki}, y_i, \alpha, \beta, \delta) + v_i - u_i$$

El desarrollo completo de este enfoque puede encontrarse en los trabajos de Coelli y Perelman (1998, 2000).

2.1.2 Distancia de output

Siguiendo la misma nomenclatura y razonamiento que en el apartado anterior, y adoptando ahora un enfoque orientado al output, es decir, calcular el máximo aumento equiproporcional de un vector de outputs dado un vector de inputs, se define la función distancia (D_o) orientada al output:

$$D_o(x, y) = \min \{ \theta : (y/\theta) \in P(x) \}$$

$$P(x) = \{ y \in R_+^M : y \text{ factible con } x \}$$

Siendo θ el parámetro que mide el incremento equiproporcional de outputs.

Esta función distancia es no decreciente, homogénea lineal positiva, convexa en outputs y decreciente en inputs. La misma tomará un valor menor o igual que 1 si el vector de outputs (Y_i) es un elemento del conjunto de outputs $P(x)$. En el caso de que dicho vector (Y_i) esté situado en la frontera del conjunto $P(x)$, el valor de la distancia será 1, encontrándose dicha unidad en situación de eficiencia técnica, lo cual se puede expresar como $D_o(x, y) \leq 1$ si $y \in P(x)$.

Función Distancia Econométrica de Output

Si definimos, como hemos hecho en el caso anterior, una formulación translog y se realiza una normalización por el output M-ésimo $y_m^* = y_m / y_M$ se obtiene la función distancia normalizada.

$$\begin{aligned} \ln(D_{oi} / y_{Mi}) &= \alpha_0 + \sum_{m=1}^{M-1} \alpha_m \ln y_{mi}^* + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^{M-1} \sum_{n=1}^{M-1} \alpha_{mn} \ln y_{mi}^* \ln y_{ni}^* \\ &+ \sum_{k=1}^K \beta_k \ln x_{ki} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K \beta_{kl} \ln x_{ki} \ln x_{li} \\ &+ \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^{M-1} \delta_{km} \ln x_{ki} \ln y_{mi}^* \quad i = 1, \dots, N. \end{aligned}$$

Donde α son los parámetros relativos a los outputs, β son los parámetros relativos a los inputs y δ son los que recogen la relación de no separabilidad entre outputs e inputs.

Sobre ella se aplica el mismo tratamiento que presentamos para el caso de la función distancia orientada al input, siendo $u_i = \ln(D_{oi})$ y obteniendo la siguiente expresión, estimable por máxima verosimilitud

$$-\ln(y_{Mi}) = TL(x_i, y_i / y_{Mi}, \alpha, \beta, \delta) + v_i + u_i$$

2.1.3 Distancias Hiperbólicas: Orientadas simultáneamente a los outputs y a los inputs

La distancia hiperbólica va a venir definida por la máxima expansión equiproporcional del vector de output y la máxima reducción equiproporcional del vector de input que es posible para una combinación de inputs-outputs determinada, dada la frontera de producción existente.

$$D_H(x, y) = \inf \{ \theta > 0 : (x\theta, y/\theta) \in T(x, y) \}$$

$$T(x, y) = \{ (x, y) : y \text{ factible con } x \}$$

Siendo θ el parámetro que mide el incremento de outputs y la disminución de inputs de forma equiproporcional simultáneamente.

Distancias Hiperbólicas Econométricas

La expresión translog de la función de distancia hiperbólica (que es homogénea de grado -1, 1, 1) toma, una vez normalizada por el output M-ésimo $y_m^* = y_m / y_M$ $x_K^{**} = x_K y_M$, (también se podría normalizar por un input) la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \ln(D_{Hi} / y_{Mi}) = & \alpha_0 + \sum_{m=1}^{M-1} \alpha_m \ln y_{mi}^* + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^{M-1} \sum_{n=1}^{M-1} \alpha_{mn} \ln y_{mi}^* \ln y_{ni}^* \\ & + \sum_{k=1}^K \beta_k \ln x_{ki}^{**} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K \beta_{kl} \ln x_{ki}^{**} \ln x_{li}^{**} \\ & + \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^{M-1} \delta_{km} \ln x_{ki}^{**} \ln y_{mi}^* \quad i = 1, \dots, N. \end{aligned}$$

Donde α son los parámetros relativos a los outputs, β son los parámetros relativos a los inputs y δ son los que recogen la relación de no separabilidad entre outputs e inputs.

Realizando el mismo tratamiento que presentamos para los dos casos anteriores, siendo $u_i = \ln(D_{Hi})$ se obtendría la siguiente expresión, estimable por máxima verosimilitud con la misma metodología expuesta para el primer caso analizado

$$-\ln(y_{Mi}) = TL(x_i^* y_{Mi}, y_i / y_{Mi}, \alpha, \beta, \delta) + v_i + u_i$$

Un desarrollo completo de este enfoque puede encontrarse en el trabajo de Cuesta y Zofio (2005).

2.2 Medición de la eficiencia

Una vez realizadas algunas transformaciones sobre los modelos de distancias econométricas en sus tres orientaciones estudiadas, la estructura de los mismos es exactamente igual al modelo de frontera econométrica de producción, o al modelo de frontera de costes, según sea el signo de la variable asimétrica que recoge la ineficiencia, u_i . En el caso de la producción este signo es negativo y en el de costes es positivo. Este hecho permite que para la estimación del modelo de distancia se pueda utilizar la metodología que se aplica habitualmente con dichos modelos, y por tanto el software necesario es el mismo, sin que se requiera uno específico para el tratamiento de las funciones distancia.

Particularizando a la frontera de producción, y mediante una especificación traslog, el modelo toma la siguiente forma

$$\ln y_i = TL(\ln x_i, \beta) + \varepsilon_i$$

Siendo $\varepsilon_i = v_i - u_i$ el error compuesto de dos variables: $v_i \approx N(0, \sigma_v^2)$ que representa el error aleatorio fuera del control del empresario y $u_i \approx |N(0, \sigma_u^2)|$ que recoge la ineficiencia mediante una distribución normal truncada en cero.

Una vez estimado el modelo por máxima verosimilitud, se calculan los residuos $\hat{\varepsilon}_i$
La estimación de la eficiencia, viene dada por la expresión (Battese y Coelli, 1988)

Una vez realizadas algunas transformaciones sobre los modelos de distancias econométricas en sus tres orientaciones estudiadas, la estructura de los mismos es exactamente igual al modelo de frontera econométrica de producción, o al modelo de frontera de costes, según sea el signo de la variable asimétrica que recoge la ineficiencia, u_i . En el caso de la producción este signo es negativo y en el de costes es positivo. Este hecho permite que para la estimación del modelo de distancia se pueda utilizar la metodología que se aplica habitualmente con dichos modelos, y por tanto el software necesario es el mismo, sin que se requiera uno específico para el tratamiento de las funciones distancia.

Particularizando a la frontera de producción, y mediante una especificación traslog, el modelo toma la siguiente forma

$$\ln y_i = TL(\ln x_i, \beta) + \varepsilon_i$$

Siendo $\varepsilon_i = v_i - u_i$ el error compuesto de dos variables: $v_i \approx N(0, \sigma_v^2)$ que representa el error aleatorio fuera del control del empresario y $u_i \approx \left| N(0, \sigma_u^2) \right|$ que recoge la ineficiencia mediante una distribución normal truncada en cero.

Una vez estimado el modelo por máxima verosimilitud, se calculan los residuos $\hat{\varepsilon}_i$

La estimación de la eficiencia, viene dada por la expresión (Battese y Coelli, 1988)

Una vez realizadas algunas transformaciones sobre los modelos de distancias econométricas en sus tres orientaciones estudiadas, la estructura de los mismos es exactamente igual al modelo de frontera econométrica de producción, o al modelo de frontera de costes, según sea el signo de la variable asimétrica que recoge la ineficiencia, u_i . En el caso de la producción este signo es negativo y en el de costes es positivo. Este hecho permite que para la estimación del modelo de distancia se pueda utilizar la metodología que se aplica habitualmente con dichos modelos, y por tanto el software necesario es el mismo, sin que se requiera uno específico para el tratamiento de las funciones distancia.

Particularizando a la frontera de producción, y mediante una especificación traslog, el modelo toma la siguiente forma

$$\ln y_i = TL(\ln x_i, \beta) + \varepsilon_i$$

Siendo $\varepsilon_i = v_i - u_i$ el error compuesto de dos variables: $v_i \approx N(0, \sigma_v^2)$ que representa el error aleatorio fuera del control del empresario y $u_i \approx \left| N(0, \sigma_u^2) \right|$ que recoge la ineficiencia mediante una distribución normal truncada en cero.

Una vez estimado el modelo por máxima verosimilitud, se calculan los residuos $\hat{\varepsilon}_i$

La estimación de la eficiencia, viene dada por la expresión (Battese y Coelli, 1988)

$$Ef(BC)_i = E(e^{-u_i} / \hat{\varepsilon}_i)$$

3. METODOLOGÍA

3.1 Datos y variables

Para la realización de la investigación, se dispone de una base de datos inicial correspondiente a las 806 almazaras de Andalucía durante la campaña 2005-2006, proporcionados por la Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucía. En esta base, formada por una treintena de variables, las más relevantes para nuestro estudio se refieren a la producción de aceite, cantidad de aceituna procesada, y otros aspectos como el sistema de

extracción, almacenamiento y gestión de efluentes. Asimismo, resulta muy interesante la distinción en cuanto a tipo de empresa, ya sea cooperativa, sociedad u otra forma legal. Se remite al lector interesado en dicho análisis estructural al trabajo realizado por Dios-Palomares *et al.* (2005b), donde se presenta el mismo y junto con otros resultados referentes al estudio de la tecnología de producción de las industrias almazaras, y su implicación en la calidad e impacto ambiental.

Con respecto al análisis de eficiencia, esta base de datos no ha resultado suficiente por carecer de la información correspondiente a los inputs, por lo que ha sido necesario obtener más información por dos vías adicionales. En primer lugar, se ha procedido a la compra de informes de cuentas de las empresas, en los registros mercantil y de cooperativas. En segundo lugar, se ha realizado una encuesta a una muestra de las empresas objeto del estudio, con el fin de recabar más información sobre aspectos socioeconómicos y otros relacionados con la calidad y el impacto ambiental. Inicialmente se planteó un muestreo a 100 industrias, atendiendo a su representatividad respecto a tres parámetros: tamaño, forma jurídica de organización y localización. Tras el proceso de muestreo y la depuración de los datos, han resultado válidos los datos de 88 empresas almazaras que forman la muestra finalmente utilizadas en este trabajo y que suponen el 11 por 100 del censo completo.

3.2 Índices de calidad y medio ambiente

Como ya hemos venido comentando, con el fin de estudiar el nivel de calidad y seguridad que tienen la industrias almazaras resulta necesario determinar los aspectos que inciden en los mismos para luego trasladarlos al establecimiento de un índice que permita realizar tanto una valoración como una comparación entre todas ellas. Para ello, hemos ido analizando cada fase del proceso tecnológico, esto es: transporte, recepción y atrojado de aceituna, extracción, almacenamiento de aceite y gestión de efluentes, seleccionando así las variables que deben ser recogidas en cada empresa y que nos darán en conjunto un valor para el índice de calidad y otro para el de respeto ambiental. Dado, no obstante, que son varios los aspectos a considerar, resulta a su vez necesario definir prelaciones entre ellos de modo que cada uno entre a formar parte del índice con un nivel de importancia determinado. Estas prelaciones se han definido de acuerdo con las opiniones de 16 expertos, y tras la aplicación de un proceso método Delphi (Dalkey y Helmer, 1963) a dos rondas, que ha permitido mejorar el grado de consenso al disminuir la dispersión de las respuestas obtenidas.

Así, para determinar el valor que tomará el índice de calidad para cada empresa se sigue el siguiente procedimiento:

- I. Se determinan los “J” atributos que tienen relevancia para la calidad de la empresa y las variables que se cuantificarán para medirlos.
- II. Se establecen los pesos correspondientes a cada concepto en la configuración del índice de acuerdo con las opiniones de un panel de expertos y mediante la aplicación del método Delphi (β_j).
- III. Se recogen los valores de las “n” variables determinadas en el primer paso para cada empresa “i”, relacionadas con los atributos evaluados (y_{ni}) a través de encuestas directas en las empresas.
- IV. Se calcula el índice (I) para cada empresa “i” combinando la información obtenida en los anteriores apartados, según la expresión mostrada a continuación. Esta formulación siempre puede interpretarse como una función índice del gradiente de la utilidad lo que a efectos de valoración de alternativas tiene las mismas

implicaciones que trabajar con una función de utilidad multiatributo (Schoemaker y Waid 1982).

$$I_i = \sum_{j=1}^J \beta_j * g_k(y_{mi})$$

Los expertos evaluaron, mediante un ranking regular en una escala de Lickert (0 importancia nula – 5 máxima importancia) un conjunto amplio de atributos referidos a los aspectos de calidad e impacto ambiental del proceso productivo (Rikkonen, 2005). Este ranking ha permitido determinar tanto los atributos relevantes para el índice (fase I) como el peso de cada atributo en el índice (fase II). La agregación de los juicios de los expertos se ha llevado a cabo mediante media geométrica, más potente que la media aritmética convencional a la hora de ponderar los valores extremos en alguno de los pesos individuales (Aull-Hyde *et al.*, 2006). Los datos para la fase III se han obtenido de las encuestas directas a los gerentes de las almazaras, siendo en todos los casos variables binarias. Por último, se han construido los índices de eficiencia y calidad, que son presentados, junto a los atributos y las ponderaciones obtenidos en el análisis Delphi, en el epígrafe de resultados.

Con la misma metodología (aplicada al mismo grupo de 16 expertos), se han estudiado los aspectos que tienen relación con el impacto ambiental, tanto en suelo como en agua y aire, ruidos, molestias vecinales, etc., construyendo el índice correspondiente.

3.3 Especificación del modelo de eficiencia técnica

Como ya se ha venido comentando, la estimación de la eficiencia técnica se ha realizado en un contexto paramétrico y mediante la aplicación de los modelos de distancia econométrica, en tres orientaciones distintas, aunque las variables identificadas como outputs e inputs del proceso de producción son las mismas en las tres especificaciones. En la determinación de las variables hay que tener en cuenta que el objetivo es la estimación de la eficiencia técnica, por lo que lo deseable es que todas estas se expresaran en unidades. Sin embargo, esto no es siempre posible, y se incluyen variables en términos monetarios sin que esto suponga que se pretende estimar la eficiencia económica. Dicha medida habría que estimarla mediante un modelo de frontera de costes⁴.

Dichas variables han sido las siguientes:

Outputs

- y_1 : Producción de aceite (Tn.)
- y_2 : Índice de calidad
- y_3 : Índice medioambiental

Inputs

- x_1 : Capital circulante (€)
- x_2 : Capital fijo (€)
- x_3 : Personal (€)

La producción de aceite utilizada ha sido la correspondiente a la campaña estudiada (2005-2006). Al estar estimando eficiencia técnica en producción, consideramos ésta más apropiada que el aceite vendido, ya que este último no tiene porqué corresponder con los inputs empleados en esa campaña. Hubiera sido muy interesante desagregar la producción por

⁴ Este análisis, que por otro lado es de gran interés, requiere información sobre precios que hasta la fecha no se encuentran a nuestra disposición.

calidades, pero los datos proporcionados por las empresas no lo permitían de forma apropiada.

La consideración como outputs de los índices de calidad y respeto medioambiental se basa en el hecho de que, aún no siendo productos propiamente dichos, son cualidades asociadas a la producción cuyo nivel más o menos alto se consigue mediante el consumo de factores de producción. Este consumo es evidente, ya que es necesario el uso de capital y mano de obra para conseguir tanto la calidad como el respeto medioambiental, a través de las variables que se introducen en el cálculo de los índices. Por otro lado, las empresas que emplean más inputs en alcanzar el nivel de calidad o/y de respeto medioambiental, y mantienen el empleo de inputs necesario para la producción, consumen en total mayor cantidad de inputs que las que no se preocupan de esos aspectos. Además, hay que resaltar que dado el funcionamiento de la empresa oleícola, resulta difícil conocer por separado los inputs que se dedican a la producción y a los dos índices, por lo que hemos de darle un tratamiento de compartidos. Por tanto, la no consideración de los índices como outputs, provocaría un error de especificación en el modelo y haría que las empresas más preocupadas por estos dos aspectos resultaran más ineficientes al consumir más inputs produciendo la misma cantidad de aceite.

El utilizar el capítulo de gastos de personal en lugar de la más habitual variable física de empleo (horas trabajadas, número de empleados equivalentes a tiempo completo, etc.) se debe a que mientras que los informes de los registros sí recogían de forma sistemática y precisa, los datos referentes al empleo mezclaban diferentes métodos de cómputo del trabajo que hacía poco fiables su inclusión en el modelo. Además tampoco estaban disponibles datos precisos y sistemáticos sobre la calidad del factor trabajo. Esta última carencia se ha subsanado parcialmente con la incorporación de factores de eficiencia que hacen referencia a la formación del gerente, los años de experiencia del maestro del taller y la temporalidad del empleo utilizado.

El capital circulante ha sido medido por los gastos totales de consumos de explotación y de mantenimiento, no correspondiendo pues al concepto contable de capital circulante o fondo de maniobra (que es el activo circulante menos el pasivo circulante), sino al concepto operativo de capital flujo, es decir, los elementos o bienes consumibles en el ciclo de producción de la empresa (Jiménez, 1995). Es importante señalar que dentro de este input se incluye el valor de la aceituna molturada, que no podría faltar como materia prima de la producción.

El capital fijo se corresponde a la partida de amortizaciones anuales del inmovilizado de la empresa, en línea con la propuesta de Martínez-Budría *et al.* (1999). La capacidad instalada para la producción está representada en este input.

Tal como se justifica en la introducción, y con el fin de estudiar la eficiencia de las industrias almazaras por medio de funciones distancia econométricas, se han estimado los modelos partiendo de la especificación más flexible (translog) y completa, según la especificación que se recoge en el epígrafe 2. Esta especificación se ha aplicado con las tres siguientes orientaciones: distancia de outputs, distancia de inputs y distancia hiperbólica.

Una vez estimados los modelos econométricos, procede aplicar un proceso de contrastación y verificación tanto estadística como económica, con el fin de aceptarlos para su interpretación o rechazarlos por no cumplir los criterios necesarios. Además, para cada orientación se contrasta la significación estadística global de dos bloques de parámetros. En primer lugar, la nulidad de los términos de segundo orden, nos llevaría a aceptar la especificación Coob Douglas en vez de la translog. En segundo lugar, la nulidad de los

parámetros que corresponde a los efectos cruzados entre outputs e inputs supone aceptar la hipótesis de separabilidad entre outputs e inputs.

Por último, señalar que en las estimaciones que se presentan en este trabajo, la distribución fijada para el error compuesto ha sido la de normal/normal truncada en cero.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descriptiva de las variables

Como fase previa al estudio de la eficiencia se ha realizado un análisis descriptivo de las variables implicadas en el mismo, siendo los resultados los que se presentan en los dos cuadros siguientes. El cuadro 1 recoge la descriptiva de la producción de aceite y los inputs capital y trabajo, especificados mediante las variables capital circulante, capital fijo y personal, incluyendo a modo informativo la variable aceituna molturada.

CUADRO 1: ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE OUTPUTS E INPUTS				
	Media	Desv. Típica	Mínimo	Máximo
Aceite (Ton)	1.583,14	1.329,68	184,85	5.228,72
Coste del Personal (10 ³ €)	115,82	114,57	3,23	747,04
Capital circulante (10 ³ €)	3.278,81	2.939,67	176,87	12.011,40
Capital fijo (10 ³ €)	112,62	95,25	3,4	486,66
Aceituna molturada (Ton)	5.282,88	5.079,69	254,02	21.481,51

Fuente: Elaboración propia a partir de las encuestas

Para la posterior determinación de perfiles de las empresas almazaras asociados con los niveles de eficiencia se presentan los datos de características básicas del cuadro 2.

CUADRO 2: DESCRIPTIVA DE LOS FACTORES DE EFICIENCIA				
Variables continuas				
Variable	Media	Desv. Típica	Mínimo	Máximo
Edad (años)	41,38	9,62	23	67
Antigüedad del maestro (años)	14,95	10,97	2	40
Fracción de empleo fijo (%)	61,21	21,45	15	100
Número de socios (nº)	288	416	1	1.800
Variables dicotómicas				
Variable	Sí (%)	No (%)		
Estudios específicos gerente	61,1	38,9		
Pertenencia a agrupación agraria	75,3	24,7		
Pertenencia a agrupación de comercialización	36,0	64,0		
Ventas por internet	15,7	84,3		

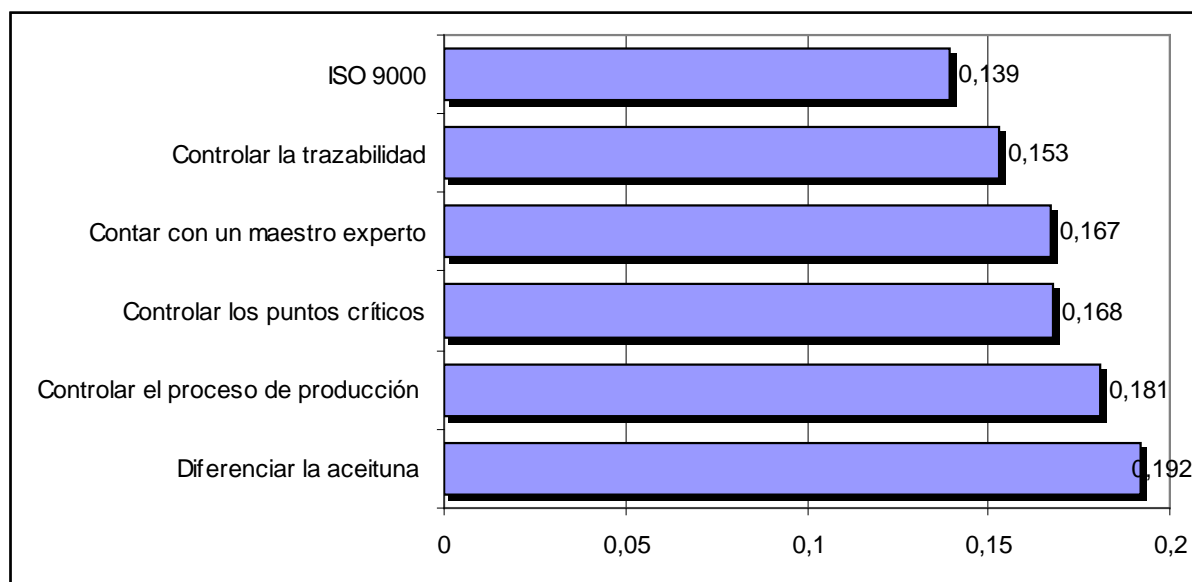
Fuente: Elaboración propia a partir de las encuestas

A la vista de los datos se aprecia una gran variabilidad en la magnitud de todas las variables, signo indicativo de que entre las 88 almazaras estudiadas hay empresas muy pequeñas y otras extremadamente grandes, estando la muestra convenientemente balanceada respecto a esta importante característica en el estudio de la eficiencia (Färe *et al.*, 1994).

4.2 Elaboración y descriptiva de los índices de calidad y medioambiente

En el gráfico 1 se exponen los conceptos que tras el proceso presentado en el apartado de metodología son, a juicio de los expertos consultados, relevantes para formar parte del índice de calidad y que serán las que determinen la información procedente de cada empresa. Las ponderaciones correspondientes a cada ítem se presentan con cada una de ellas. Estas ponderaciones recogen el peso en tanto por uno que tiene cada ítem en la formación de un índice global de calidad.

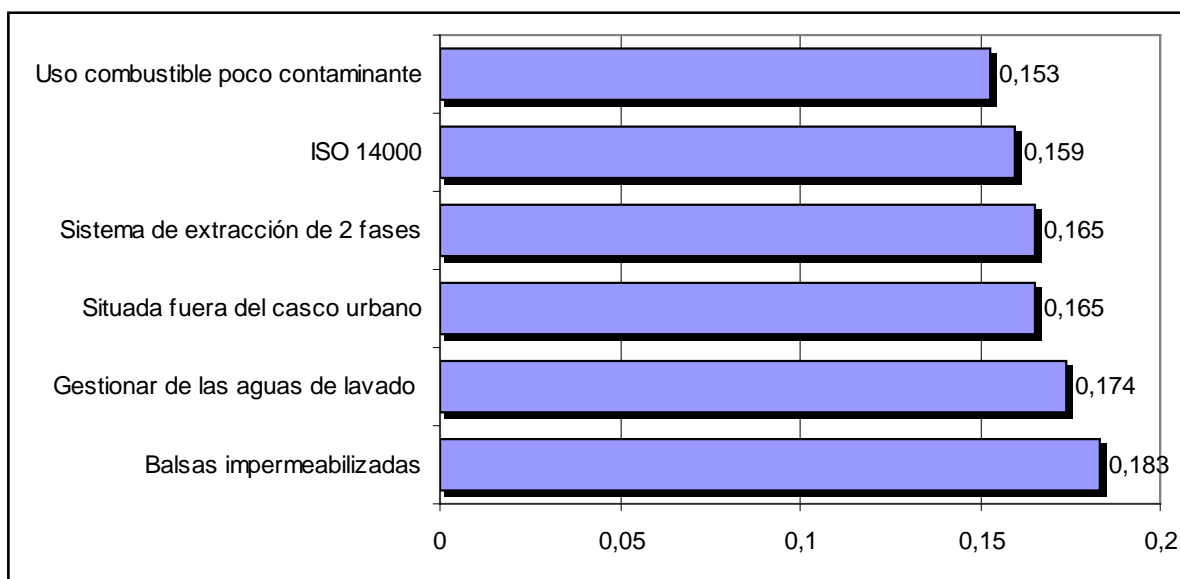
**GRÁFICO 1: COMPONENTES Y SUS PONDERACIONES
EN EL ÍNDICE DE CALIDAD**



Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas Delphi

A la vista de las ponderaciones, hay que comentar que si bien no se aprecian grandes diferencias entre ellas, sí queda claro que los expertos dan más importancia a la diferenciación de la aceituna y a la presencia de un maestro experimentado que a su vez controle el proceso de producción. Esto es de gran importancia por la gran repercusión que tienen la temperatura y otros factores durante el proceso de batido en la posterior calidad del aceite. Sin embargo, el tener la certificación de Norma ISO 9000 es el criterio menos valorado.

Detallamos a continuación los resultados obtenidos en el análisis de configuración del índice medioambiental cuyos conceptos y ponderaciones se recogen en el gráfico 2.

**GRÁFICO 2: COMPONENTES Y SUS PONDERACIONES
EN EL ÍNDICE DE MEDIOAMBIENTE**

Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas Delphi

Analizando las ponderaciones resultantes del análisis, se observa que también son bastante próximas, aunque destaca igualmente como criterio menos valorado por los expertos el tener la certificación de Norma ISO 14000. Para los otros cinco, aún siendo muy cercanos, se distinguen como los más valorados el contar con balsas impermeabilizantes para los vertidos contaminantes y el estar situada fuera del casco urbano. La primera se relaciona con la contaminación producida en el suelo debida a filtraciones de las balsas si no están debidamente impermeabilizadas según la normativa vigente. La segunda en cambio se refiere sobre todo a contaminación acústica y de molestias por circulación y manejo de vehículos, etc.

Una vez determinados los conceptos y pesos, y recogidos a través de encuestas los datos de las variables correspondientes para cada empresa almazara, se han calculado los índices de calidad y respeto medioambiental, cuya descriptiva se muestra en el cuadro 3.

**CUADRO 3: DESCRIPTIVA DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD Y
MEDIOAMBIENTE**

Índice	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típica
Calidad	31,62	68,01	49,71	6,74
Medio Ambiente	38,83	82,84	61,72	8,13

Fuente: Elaboración propia a partir de las encuestas

En primer lugar, cabe mencionar que existe diferencia entre la concepción de estos índices y los que se derivan de la solución de cualquier modelo frontera. Así, estos son índice con un carácter fundamentalmente objetivo, contando solo con el punto de relatividad que viene provocado por haberlos definido entre 0 y 1. Por este motivo, vemos que en la muestra

hay mínimos por encima del 30 por 100, lo que indica que todas las empresas estudiadas tienen un moderado nivel tanto de calidad como de respeto medioambiental. Cabe destacar, sin embargo, que los niveles de calidad son en general inferiores a los de respeto medioambiental, dato que extraemos del valor de las medias. También hay que tener en cuenta que existe más dispersión en el de respeto medioambiental, siendo, por tanto, más homogéneo entre las empresas el nivel de calidad.

4.3 Estimación de las funciones distancia

Para cada una de las orientaciones, se han estimado los modelos completos y restringidos, para seleccionar, una vez validados estadística y económicamente, por contraste de la razón de verosimilitudes, cual de ellos se adapta mejor a los datos. En total se han estimado doce modelos, cuatro para cada orientación, según se restrinjan a cero el bloque de los términos de segundo grado o/y el bloque de los productos cruzados entre outputs e inputs. En esta última restricción, la hipótesis nula supone separabilidad. Así, para cada orientación, las distintas consideraciones de la tecnología de producción dan lugar a los modelos denominados: Cobb Douglas separable, Cobb Douglas no separable, Translog separable y Translog no separable.

Las variables y, por tanto, la interpretación de los subíndices en los parámetros, siguen la especificación que se presentó en el epígrafe 2.1 que refleja la ecuación de los modelos y del epígrafe 3.3. donde se concretan los outputs e inputs.

Los resultados obtenidos para las estimaciones de los modelos estimados y no aceptados como buenos, se encuentran recogidos en los cuadros del anexo, y los aceptados se comentan a continuación en este mismo apartado.

En el análisis de selección se han tenido en cuenta el estudio de signos de los coeficientes y la significación de los mismos. Dado que las variables se han dividido previamente por su media geométrica, los parámetros de primer orden recogen las elasticidades de la función distancia en el punto medio de la muestra. Así, con respecto al signo, y de acuerdo con las condiciones de monotonicidad, cabe esperar que el de los outputs sea positivo en la distancia de outputs y en la hiperbólica y negativo en la de inputs. Por el contrario, el signo de los coeficientes de los inputs debe de ser positivo en la distancia de inputs y negativo en las otras dos. Estos criterios de validación económica son fundamentales debido a que no se puede aceptar una forma funcional para la tecnología de producción que contradiga a la teoría económica.

Teniendo en cuenta todos los criterios aplicados, se rechazan en las tres orientaciones, tanto el bloque de segundo orden como el de la no-separabilidad. Esto conduce a seleccionar como modelos definitivos los que corresponden a la especificación Cobb Douglas con separabilidad⁵. Los datos correspondientes a estos tres modelos se presentan en el cuadro 4. Hay que destacar que los métodos econométricos son más exigentes que los no paramétricos, ya que un modelo estimado que no cumple la verificación, no tiene sentido ni comentarlo, porque eso significa que los datos no se ajustan a la especificación planteada.

En este cuadro también se recogen los parámetros que se han sido recuperados en base a las condiciones de homogeneidad, del modo siguiente:

⁵ Al ser rechazados los modelos por criterios económicos no ha sido necesario aplicar el método de la Razón de Verosimilitudes para elegir entre modelos anidados.

Modelo de función distancia de Input: El parámetro a recuperar es el que corresponde al Capital Circulante, x_1 , que se utilizó para normalizar el modelo.

$$\sum \beta_k = 1 \quad ; \quad \hat{\beta}_1 = 1 - \hat{\beta}_2 - \hat{\beta}_3 = 0,553$$

Modelo de función distancia de Output: El parámetro a recuperar es el que corresponde a la Producción, y_1 , que se utilizó para normalizar el modelo.

$$\sum \alpha_i = 1 \quad ; \quad \hat{\alpha}_1 = 1 - \hat{\alpha}_2 - \hat{\alpha}_3 = 0,123$$

Modelo de función distancia hiperbólica: El parámetro a recuperar es el que corresponde al Capital Circulante, x_1 , que se utilizó para normalizar el modelo.

$$\sum \alpha_i - \sum \beta_k = 1 \quad ; \quad \hat{\alpha}_1 = 1 - \hat{\alpha}_2 - \hat{\alpha}_3 - \hat{\beta}_1 - \hat{\beta}_2 - \hat{\beta}_3 = 0,129$$

CUADRO 4: PARÁMETROS DE LAS FUNCIONES DE DISTANCIA

	DI-CD- SP		DO-CD- SP		DH-CD- SP	
	Coeficiente	Estad. Z	Coeficiente	Estad. Z	Coeficiente	Estad. Z
α_0	0,245	4,11	-0,160	-14,62	-0,135	-23,23
α_1	-0,962	-19,88	0,123		0,129	
α_2	-0,509	-1,85	0,383	6,97	0,301	9,51
α_3	-0,686	-2,48	0,493	14,02	0,442	8,51
β_1	0,553		-0,073	-4,23	-0,074	-6,46
β_2	0,332	4,70	-0,039	-1,83	-0,045	-2,34
β_3	0,115	1,95	-0,001	-0,13	-0,008	-0,86
σ^2	84,893		0,009		0,008	
σ_u^2	84,811		0,009		0,008	
σ_v^2	0,083		0,000		0,000	
γ	0,999		1,000		1,000	
LLF	-37,78		95,519		106,47	
DI-CD- SP: Cobb-Douglas, separable en inputs y outputs, distancia en inputs.						
DO-CD- SP: Cobb-Douglas, separable en inputs y outputs, distancia en outputs.						
DH-CD- SP: Cobb-Douglas, separable en inputs y outputs, distancia hiperbólica.						

Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, cabe comentar que en los tres modelos aparecen los signos esperados para las elasticidades de la función distancia. Sin embargo, tanto en la distancia de outputs como en la hiperbólica muestra el parámetro correspondiente al factor trabajo como no significativo. Así, es el modelo de función distancia de inputs el que mejor se ajusta a la tecnología de producción de las industrias almazaras.

Como se puede observar en el cuadro, al valor del parámetro γ es muy próximo a 1, lo que supone asumir la no existencia de término de error incluido en la distancia, siendo por tanto toda debida a ineficiencia.

Con respecto a las elasticidades, cabe comentar que en lo que se refiere a los inputs, el capital circulante tiene más repercusión en la función distancia que el capital fijo, siendo la menor la del trabajo. Sin embargo, si estudiamos la repercusión de los outputs, tanto en la distancia de output como en la hiperbólica, vemos que la producción influye considerablemente menos que los otros dos, siendo a su vez el que más repercute el índice de respeto medioambiental.

El análisis de los retornos de escala muestra en los tres modelos, dadas sus elasticidades de escala, que en general el sector está trabajando en retornos decrecientes. Esta conclusión la basamos en que la suma de los parámetros β en la función distancia de outputs es inferior a 1, y la suma de los parámetros α en la función distancia de inputs es superior a 1 en valor absoluto. Atendiendo al resultado de la función distancia hiperbólica, en condiciones de funcionamiento de retornos constantes, se cumple que la suma de los parámetros β es igual a -0,5. En este caso también esta suma es muy inferior a ese valor. Además, en estas condiciones se tendría que cumplir, y no se cumple, la siguiente relación entre los logaritmos neperianos de las tres funciones distancias:

$$2 * \ln D_H = \ln D_O = \ln D_I$$

En el cuadro 5 se presenta la descriptiva básica de los índices de eficiencia procedentes de estas especificaciones, pudiendo observar su distribución en el gráfico 3 donde se recogen sus kernels gaussianos.

CUADRO 5: DESCRIPTIVA DE LOS ÍNDICES DE EFICIENCIA

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
DI-CD-SP	0,253	0,951	0,805	0,113
DO-CD-SP	0,692	1,000	0,855	0,073
DH-CD-SP	0,709	1,000	0,876	0,067

Fuente: Elaboración propia

Los tres índices se encuentran altamente correlacionados, en especial los obtenidos con la orientación output y la hiperbólica, como se desprende de los resultados del test de correlación de rangos de Spearman que se presenta en el siguiente cuadro.

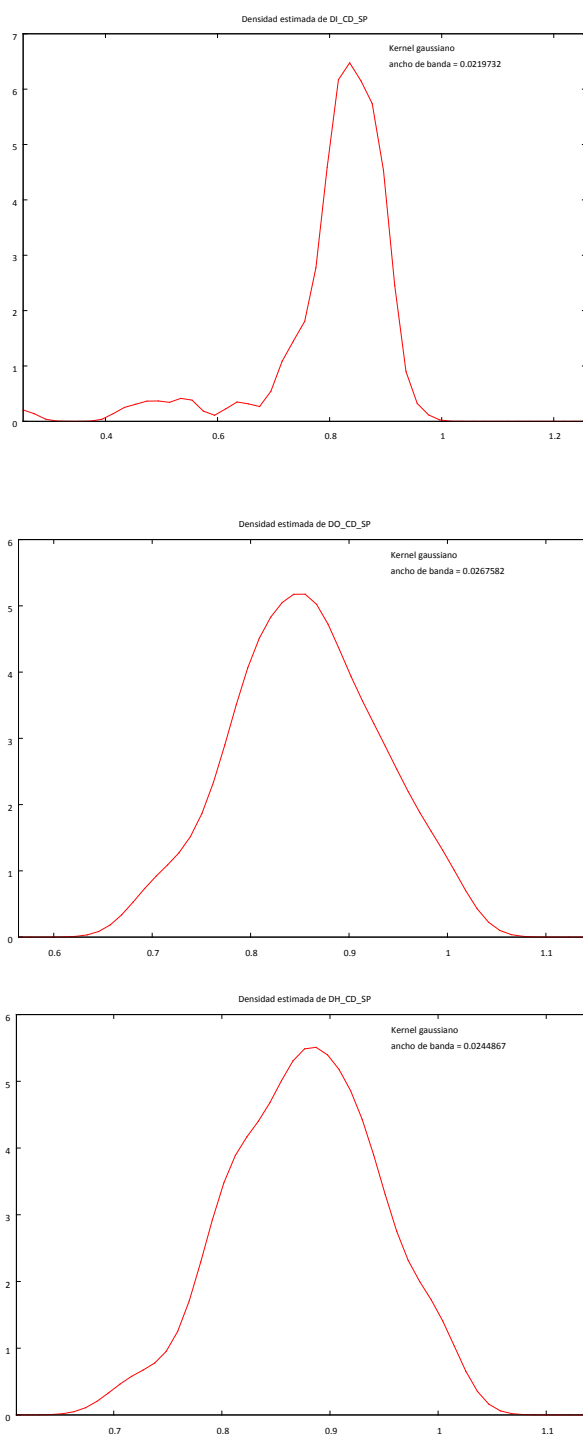
A partir de las eficiencias medias se calculan las posibilidades de mejora que cabe esperar según cada modelo, y que vemos a continuación:

Modelo de función distancia de Inputs: La disminución de inputs que cabe esperar si se corrige la ineficiencia del sector sería de: $1 - 0,805 = 0,195$. Es decir, se podría ahorrar un 19,5 por 100 de inputs.

Modelo de función distancia de Outputs: El incremento de outputs que cabe esperar si se corrige la ineficiencia del sector sería de: $1/0,855 = 1,169$, lo que supone un incremento del 16,9 por 100 en outputs.

Modelo de función distancia hiperbólica: Según las distancias calculadas cabe esperar un incremento en outputs de: $1/0,876 = 1,141$, y una disminución en inputs de $1 - 0,876 = 0,124$. Por tanto, de acuerdo con este modelo se podrían incrementar los outputs en un 14,1 por 100, y simultáneamente disminuir los inputs en un 16,9 por 100.

GRÁFICO 3: KERNELS GAUSSIANOS DE LOS ÍNDICES DE EFICIENCIA



Fuente: Elaboración propia

**CUADRO 6: CORRELACIONES DE RANGOS
ENTRE LOS ÍNDICES DE EFICIENCIA**

		DO-CD-SP	DH-CD-SP
DI-CD-SP	Coefficiente	0,538	0,633
	Significación	0,000	0,000
DO-CD-SP	Coefficiente		0,986
	Significación		0,000

Fuente: Elaboración propia

4.4 Asociaciones entre los índices y los factores de eficiencia

En la investigación de la eficiencia de cualquier sector productivo es importante no limitarse a interpretar los resultados referentes a los niveles de eficiencias encontrados, sino que se realice un análisis posterior en el que se estudien las posibles asociaciones entre ciertas características de las empresas y estos últimos. Este análisis, conocido como de segunda etapa, tiene como objetivo encontrar posibles relaciones entre el índice de eficiencia y las características empresariales que se vienen denominando factores de eficiencia.

En esta línea, se ha estudiado la incidencia sobre el índice de eficiencia técnica de un conjunto de variables de las que se disponía información, y que no han sido utilizadas en la construcción de la frontera y de los índices de calidad y medioambiente que la misma incorpora. El método elegido, dada la naturaleza acotada, tanto superior como inferiormente del índice de eficiencia, ha sido una regresión tobit doblemente censurada que es la alternativa de estimación necesaria para evitar el problema de estimadores sesgados asociado al uso de regresiones MCO en este tipo de datos (Simar y Wilson, 2007). Las variables incluidas en el modelo, y cuya descriptiva se avanzó en el cuadro 2, han sido contrastadas para detectar la presencia de multicolinealidad, que también introduciría sesgo de los parámetros (Freese y Scott, 2006). Los resultados de la estimación para los tres índices de eficiencia quedan recogidos en el cuadro 7.

CUADRO 7.- ESTIMACIÓN TOBIT DE LOS FACTORES DE EFICIENCIA

Variable	DI-CD- SP		DO-CD- SP		DH-CD- SP	
	Coef.	Sig.	Coef	Sig.	Coef.	Sig.
Constante	0.891	0.000	0.872	0.000	0.906	0.000
Nº de socios	-0.009	0.044	-0.001	0.266	-0.003	0.302
Antigüedad del maestro	-0.002	0.153	-0.008	0.096	-0.001	0.097
Pertenencia a cooperativa	-0.021	0.065	-0.028	0.108	-0.026	0.121
Pertenencia a agrupaciones	0.007	0.102	0.035	0.191	0.023	0.137
Ventas por internet	0.003	0.123	0.002	0.103	0.007	0.163
Fracción del empleo fijo	-0.004	0.115	-0.011	0.098	-0.005	0.102
Estudios específicos del gerente	0.002	0.341	0.003	0.169	0.106	0.132
Pertenencia a agrupación de comercialización	0.056	0.198	0.029	0.128	0.029	0.127
McFadden's pseudo R ²	0.338		0.415		0.376	

Fuente: Elaboración propia

A la vista de estos resultados, se puede extraer que desde el punto de vista de reducción de inputs las almazaras más eficientes son aquellas que tienen un menor número de socios, no pertenecen a asociaciones cooperativas, pero sí a otro tipo de agrupaciones de productores, realizan ventas por internet y tienen una fracción de empleo fijo baja.

Si consideramos la eficiencia orientada a incrementar los outputs, resultan más eficientes las empresas no cooperativas que están asociadas a agrupaciones de comercialización, con un maestro de operaciones joven, un gerente formado específicamente, tienen sistemas de venta online y tienen menor porcentaje de empleo fijo.

En la orientación hiperbólica, las almazaras más eficientes son aquellas con el maestro de taller más joven, pertenecientes a agrupaciones de productores y de comercialización, que no poseen la forma jurídica de cooperativa, no tienen un elevado porcentaje de empleo fijo y su gerente tiene formación específica en administración.

En general, e independientemente de la orientación utilizada para medir la eficiencia, se detecta un patrón común de factores que indican positivamente en la eficiencia: una empresa que adopta una forma jurídica no cooperativa, con un maestro de taller joven, un gerente formado, tiene venta on-line de sus productos y está asociada a otras empresas del sector.

Los resultados obtenidos están en sintonía con los obtenidos en nuestros trabajos anteriores y con los de Barnes (2006) para explotaciones lecheras, quien también relaciona mejoras en eficiencia con la no pertenencia a cooperativas y con la mejor formación del los titulares de explotación. Ferrier y Porter (1991) demuestran que la pertenencia a asociaciones cooperativistas produce unos niveles de eficiencia menor en los productores de leche de Estados Unidos. Barreiro *et al.* (2009) también muestran que en explotaciones cerealistas de secano andaluzas la pertenencia a entidades cooperativas son un factor negativo de eficiencia.

5. CONCLUSIONES

Este trabajo estudia el nivel de eficiencia global de la industria oleícola andaluza, incorporando además del output tradicional en este tipo de estudios, el volumen de producción, dos más novedosos y especialmente importantes en este sector: el nivel de calidad de la producción y la realización de prácticas respetuosas con el entorno medioambiental en esta industria. Para la obtención de estos dos últimos aspectos se han construido unos indicadores específicos a partir de un proceso de entrevista a los expertos del sector, formalizadas mediante unas encuestas tipo Delphi, que han permitido determinar tanto los aspectos que a su juicio deben formar parte de estos índices, como su importancia relativa. Así, sería posible construir los valores que toman ambos indicadores para otra muestra a partir sólo de la información contenida en las variables que los forman, que al ser en todos los casos de naturaleza binaria es de fácil identificación.

Diferenciar la aceituna en cuanto a variedades y tipo de recolección y transporte, controlar el proceso de producción en cuanto a limpieza, tiempos y temperatura, controlar los puntos críticos, controlar la trazabilidad, contar con un maestro experimentado, controlar características mediante análisis en laboratorio e implementar la Norma ISO 9000, son a juicio de los expertos entrevistados los aspectos que inciden en la calidad. Respecto a la calidad ambiental de la industria, esta vendría dada por una gestión adecuada de las aguas de lavado, la aplicación del sistema de extracción de 2 fases, utilizar balsas impermeabilizadas, uso de combustibles limpios, implementar la norma ISO 14000 y situar las instalaciones fuera del casco urbano.

En relación con los valores encontrados en la muestra, cabe señalar que tanto el nivel de calidad como el de respecto ambiental son moderados ya que el índice de calidad medio apenas alcanza el 50 por 100 mientras que el ambiental ronda el 62 por 100. Este hecho, unido a que ninguna de las industrias analizadas alcanza el máximo posible (100 por 100) en ningún de los dos indicadores, pone de manifiesto el importante margen de mejora que tiene la industria almazarera para elevar estos dos resultados de su actividad, imprescindibles para optar a un mejor posicionamiento en mercados cada vez más exigentes en estos aspectos. En esta misma línea apuntan las conclusiones del trabajo de *Senise et al.* (2008) que ponen de manifiesto como en el sector cooperativo oleícola jiennense está poco generalizado un comportamiento medioambientalmente sostenible, con una actitud reactiva, lo que origina una pérdida de la oportunidad de desarrollar ventajas competitivas en este campo.

La eficiencia técnica se ha evaluado mediante la estimación de modelos de funciones distancias econométricas en el ámbito de los tres outputs comentados y tres inputs que son capital circulante, capital fijo y personal. Con el fin de realizar un análisis con la más amplia cobertura se plantean y estiman 12 modelos que corresponden a tres orientaciones distintas: input, output y ambos. Se concluye que el modelo Cobb Douglas es el que mejor se adapta a la tecnología de producción del sector, indicando esto que no hay en esta industria sustitución ni entre input ni entre outputs. En lo referente a los outputs esto significa que la empresa, aunque consuma inputs en la mejora de la calidad y el respeto medioambiental, no deja de producir aceite por este motivo, siendo las decisiones en relación a cada output independientes entre sí. Se acepta además la hipótesis de separabilidad entre outputs e inputs, lo que indica una simplificación en las productividades marginales, sin que haya diferencia en las relaciones de transformación para los tres outputs.

El nivel de eficiencia media es medio-alto, situándose en un entorno entre el 80 por 100 y el 90 por 100, siendo menor en la orientación al input, que en las otras dos. Estos valores son mucho mas prometedores que los que se habían encontrado en nuestros trabajos anteriores con métodos no paramétricos, lo que por otra parte tiene su explicación en la naturaleza de dichos métodos, que suelen atribuir todo el ruido de los datos a ineficiencia.

Se detecta además la presencia de ineficiencia de escala, con retornos decrecientes, con lo que se confirma la hipótesis planteada en relación a este punto.

Los incrementos de mejora que cabría esperar tras resolver la ineficiencia serían, sólo un aumento del 17 por 100 en outputs, solo una disminución del 19 por 100 en inputs, o bien, sacrificando parte de los anteriores, se podría conseguir simultáneamente un aumento de outputs del 14 por 100 y una disminución del 16 por 100 en inputs, basándonos en la función distancia hiperbólica. En relación a la reducción de input, los resultados inducen a concluir que habría que incidir sobre todo en el capital circulante como medio para mejorar la eficiencia.

En base a los resultados de la segunda etapa y a la presencia de ineficiencias de escala en retornos decrecientes detectadas en el análisis de eficiencia, cabría en primer lugar recomendar los acuerdos de colaboración entre empresas, más que en la fusión y generación de entidades de mayor tamaño. La externalización de procesos tales como la comercialización y el marketing del producto, creando entidades que gestionen los mismos y que pueden dar servicio a varias empresas es un modelo, que tal y como señalan Senise y Parras (2005), sería interesante explorar en aras a la mejora de la eficiencia del sector, y que posibilitaría incorporar con pocos costes otro de los factores de eficiencia encontrados, como es la venta on-line.

El hecho de que la incorporación de maestros de almazara con menos años de antigüedad se muestra como un factor de eficiencia positivo inclinaría la balanza a favor de la formación y actualización frente a la experiencia en técnicas y procesos a la hora de realizar una gestión más eficiente de los recursos y procesos.

Puede resultar llamativo que la temporalidad laboral del empleo se muestre como un factor de eficiencia, cuando muchos estudios, por ejemplo Díaz y Sánchez (2004) para el sector industrial español en la última década del siglo XX, encuentran una relación inversa. Las características diferenciales de esta actividad extractora, con una componente estacional muy importante de su actividad, hace que la flexibilidad del número de empleados en la empresa sea fundamental a la hora de planificar una asignación eficiente de los recursos.

Por último destacar que el sistema de organización cooperativo se muestra menos eficiente que los modelos empresariales netos. Esta relación negativa también se manifiesta, además de en los estudios ya mencionados, en modelos de segundo grado como muestra el trabajo de Montegut *et al.* (2002). De gran interés para ahondar en el porqué de este hecho es el estudio de Mozas *et al.* (2005) que a partir de un estudio de cooperativas oleícolas en la provincia de Jaén concluyen, entre otras, que es el incumplimiento de alguno/s de los principios cooperativos en las mismas, lo que no les permite alcanzar los niveles de eficiencia empresarial esperables para este tipo de organizaciones. Sin duda, la particular idiosincrasia de las entidades cooperativas, donde empresario y proveedor coinciden, determina sus procesos de gestión de los recursos. Además los servicios adicionales que proporcionan muchas de estas entidades a sus asociados es también un resultado de las mismas, el cual podría ser incluido como un output más, o por lo menos como una externalidad positiva del proceso productivo, en futuras investigaciones con el fin de corroborar este hecho.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Abdourahmane, T., Bravo-Ureta, B. y Rivas, T. (2001): "Technical efficiency in developing country agriculture: a meta-analysis", *Agricultural Economics*, 25, pp. 235-243.
- Álvarez, A. (Ed.) (2001): *La medición de la eficiencia y la productividad*, Ed. Pirámide. Madrid.
- Álvarez, A. y Arias, C. (2004): "Technical efficiency and farm size: a conditional analysis", *Agricultural Economics*, 30, pp. 241-250
- Amores, A. y Contreras, I., (2009): "New approach for the assignment of new European agricultural subsidies using scores from data envelopment analysis: Application to olive-growing farms in Andalusia (Spain)", *European Journal of Operational Research*, vol. 193(3), pp. 718-729.
- Arandía, A. y Aldanondo, A. (2007): "Eficiencia técnica y medioambiental de las explotaciones vinícolas ecológicas versus convencionales", *Revista de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, nº 215, pp. 155-184.
- Aull-Hyde R., Erdogan S. y Duke J. (2006): "An experiment on the consistency of aggregated comparison matrices in AHP", *European Journal of Operational Research*, vol. 171(2), pp. 290-295.
- Barnes, A. (2006): "Does multifunctionality affect technical efficiency? A non-parametric analysis of the Scottish dairy farms", *Journal of Environmental Management*, 80(3), pp. 287-294.
- Barreiro, J., Martínez-Paz, J. y Espinosa-Goded, M. (2009): "Conservación y eficiencia productiva: impacto de los programas agro-ambientales en la eficiencia de las

- explotaciones cerealistas de secano”, *ITEA: Información Técnica Económica Agraria*, 3 (2009), pp. 184-201.
- Battese, E. (1992): “Frontier Production Functions and Technical Efficiency: A Survey of Empirical Applications in Agricultural Economics”, *Agricultural Economics*, nº 7, pp. 185-208.
- Battese, E. y T. J. Coelli (1988); “Prediction of firm level technical inefficiencies with a generalised frontier production function and panel data”, *Journal of Econometrics*, nº 38, pp. 387-399.
- Bravo-Ureta, B. and Pinheiro, A. (1993); “Efficiency Analysis of Developing Country Agriculture: A Review of the Frontier Function Literature”, *Agricultural and Resource Economics Review*, 22(1), pp. 88-101.
- Bravo-Ureta, B., Solís, D., Moreira-López, V., Maripani, J., Thiam, A. and Rivas, T., (2007): “Technical efficiency in farming: a meta-regression analysis”, *Journal of Productivity Analysis*, 27(1), pp. 57-72.
- Caves, D., Christensen, L. and Diewert, W. (1982): “Multilateral comparisons of output, input and productivity using superlative index numbers”, *Economic Journal*, 92, pp. 73-86.
- Coelli, T. y Perelman, S. (1999): “A comparison of parametric and non-parametric distance functions: with application to European railways”, *European Journal of Operational Research*, 117, pp. 326-339.
- Coelli, T. y Perelman, S. (2000): “Technical efficiency of European railways: a distance function approach”, *Applied Economics*, 32, pp. 1967-1976.
- Colino, J. y Martínez, J., (2007): “Productividad, disposición al pago y eficiencia técnica en el uso del agua: la horticultura intensiva de la Región de Murcia”, *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 7(14), pp. 109-125.
- Cuesta, R. (2000): “A production model with firm-specific temporal variation in technical inefficiency: with application to Spanish dairy farms”, *Journal of Productivity Analysis*, 13, pp. 139-158.
- Cuesta, R. y Zofío, J. (2005): “Hyperbolic Efficiency and Parametric Distance Functions: With Application to Spanish Savings Banks”, *Journal of Productivity Analysis*, 24(1), pp. 31-48.
- Dalkey N. y Helmer, O. (1963): “An experimental applications of the Delphi method to use of experts”, *Management Science*, nº 9, pp. 458-467.
- Damas, E. y Romero C. (1997): “Análisis no paramétrico de la eficiencia relativa de las almazaras cooperativas en la Provincia de Jaén durante el período 1975-1993”, *Revista Española de Economía Agraria*, nº 180, pp. 279-304.
- Díaz, M. y Sánchez, R. (2004): “Temporary employment and technical efficiency in Spain”, *International Journal of Manpower*, nº 25, pp. 181-194.
- Diewert, W. E. (1992): “Fisher ideal output, input and productivity indexes revisited”. *Journal of Productivity Analysis*, 3, pp. 211-248.
- Dios-Palomares, R. y Martínez-Paz, J. (2002): “A non parametric analysis on efficiency and productivity changes in the food distribution sector”, *Empirical Economics Letters*, 1, pp. 45-66.
- Dios-Palomares, R. y Martínez-Paz, J. (2004): “A non-parametric efficiency analysis considering exogenous information on production technology”, *2004 North American Productivity Workshop*. Toronto. <http://www.cmte.utoronto.ca/~napw2004/>

- Dios-Palomares, de Haro-Jiménez, T. R., y Martínez-Paz, J. (2006): “Eficiencia técnica en el sector oleícola. Un nuevo método con variables ambientales”, Documento de trabajo E2006/01, Centro de Estudios Andaluces, Consejería de la Presidencia.
- Dios-Palomares, R., Martínez-Paz, J. y de Haro-Jiménez, T. (2005): “Accounting for technical, quality and environmental efficiency in the olive oil industry”, *Ninth European Workshop on Efficiency and Productivity Analysis*, Bruselas (Bélgica).
- Dios-Palomares, R, de Haro-Jiménez, T. y Montes Tubío, M. (2005b): “Estudio estructural del sector oleícola de Andalucía. Nivel de calidad y respeto medioambiental de las industrias almazaras, *Jornadas Técnicas Expoliva 2005*, Jaén.
- Dios-Palomares, R.; Martínez-Paz J. y Martínez-Carrasco, F. (2006): “Variables de entorno en el análisis de eficiencia. Un método de tres etapas con variables categóricas”, *Estudios de economía aplicada*, nº 24, pp. 559-581.
- Dios-Palomares, R., Martínez-Paz, J. y de Haro-Jiménez, T. (2007): “Eficiencia Técnica en la industria oleícola andaluza”, *Expoliva 2007*, Jaén.
- Färe, R. y Primont, D. (1995): *Multi-output production and duality: theory and applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Färe, R. y Grosskopf, S. (2000): Theory and application of directional distance functions. *Journal of Productivity Analysis*, nº 13, pp. 93-103
- Färe, R., Grosskopf, S. y Lovell, C. A. K. (1994): *Production Frontiers*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Farrell, M.J. (1957): “The measurement of efficiency productive efficiency”, *Journal of the Royal Statistical Society, serie A*, 120, pp. 253-266.
- Feijoo, M. L. y Pérez, L. (1994). “Determinación paramétrica de fronteras de producción: Eficiencia productiva en empresas agroalimentarias en Aragón”, *Investigación Agraria: Economía*, 9 (2), pp. 267-278.
- Ferrier, G. y Porter, P. (1991): “The productive efficiency of united-states milk processing cooperatives”, *Journal of Agricultural Economics*, 42, pp. 161-173.
- Freese, J. y Scott, J. (2006) *Regression Models for Categorical Dependent Variables Using Stata*, Stata Press, College Station (Texas).
- Galdeano, E. (2006): “Productivity and efficiency analysis of horticultural co-operatives. *Spanish journal of agricultural research*, vol. 4(3), pp. 191-201.
- Gázquez-Abad, J. y Sánchez-Pérez, M. (2009): “Factors influencing olive oil brand choice in Spain: an empirical analysis using scanner data”, *Agribusiness*, vol 25(1), pp. 36-55.
- Giannakas, K. Tran, K y Tzouvelekas, V. (2000): “Efficiency, technological change and output growth in Greek olive growing farms: a Box-Cox approach”, *Applied Economics*, 32, pp. 909 - 916.
- Iraizoz B., Rapun M. y Zabaleta, I. (2003): “Assessing the technical efficiency of horticultural production in Navarra, Spain”, *Agricultural Systems*, nº 78, pp. 387-403.
- Iraizoz B., Bardaji I., y Rapun, M. (2005): “The Spanish beef sector in the 1990s: impact of the BSE crisis on efficiency and profitability”, *Applied Economics*, nº 37, pp. 473-484.
- Jiménez, M. (1995): *Fundamentos de Contabilidad de Costes*, Tebas S.A., Albacete.
- Karagiannis G., Kien C. y Tzouvelekas V. (2003): “On the choice of functional form in stochastic frontier modelling”, *Empirical Economics*, 28(1), pp. 75-100.

- Karagiannis, G. y Tzouvelekas, V. (2009): "Measuring technical efficiency in the stochastic varying coefficient frontier model", *Agricultural Economics*, nº 40, pp. 389-396.
- Lambarraa, F., Serra, T. y Gil, J. (2007): "Technical efficiency analysis and decomposition of productivity growth of Spanish olive farms", *Spanish journal of agricultural research*, 5(3), pp. 259-270.
- Lambarraa, F., Stefanou, S. y Gil, J. (2009): "The analysis of long-run technical inefficiency in Spanish olive Sector", *IV Congreso de Eficiencia y Productividad Efiuco*, Córdoba.
- Lovell, C., Richardson, S., Travers, P. y Wood, L. (1994): *Resources and functioning: a new view of inequality in Australia*, in *Models and Measurement of Welfare and Inequality*, Springer-Verlag, Berlin.
- MAPA (2008): *El Mercado del Aceite de Oliva*, Subdirección general de Materias Grasas y Cultivos Industriales, MAPA, Madrid.
- Martínez, J., Martínez-Carrasco, F. y Dios-Palomares; R. (2005): "La industria de conservas vegetales de la Región de Murcia. Análisis de eficiencia técnica.", *Revista de Estudios Regionales*, nº 73, pp. 141-158.
- Martínez-Budría, E., Díaz-Armas, R., Navarro-Ibañez, M. y Ravelo-Mesa, T. (1999): "A Study of the Efficiency of Spanish Port Authorities Using Data Envelopment Analysis", *International Journal of Transport Economics*, 26 (2), pp. 237-253.
- Martínez-Carrasco, F., Schwentesius, R., Martínez-Paz, J. y Gómez-Cruz, M. (2009): "Characteristics and Comparative of Organic Food Producers in Southeastern Europe: The Case of The Murcia Region, Spain", *Agrociencia*, nº 43, pp. 649-657.
- Mili, S. (2009): "Market Dynamics and Policy Reforms in the Olive Oil Sector: A European Perspective", en *Traditional Food Production Facing Sustainability: A European Challenge* (M.T. Noronha, P. Nijkamp & J.L. Rastoin, eds.), Ashgate Publishing, Aldershot, Hampshire.
- Millán, J. (1986): "Eficiencia, dimensión y crecimiento de las cooperativas oliveras de Jaén", *Tesis doctoral. E.T.S.I.A.M.* Universidad de Córdoba.
- Montegut, Y., Sabaté, M. y Clop, M. (2002): "Análisis de eficiencia del asociacionismo cooperativo en la «D.O. Garrigues» Lleida", *Investigación Agraria.: Prod. Prot. Veg.*, 17(3), pp. 441-456.
- Mozas, A., Moyano, J., Parras, M. y Murgado, E. (2005): "Cultura cooperativa y eficiencia empresarial: una contrastación en el cooperativismo oleícola", *Revista de Estudios Cooperativos*, nº 85, pp.41-60.
- Orea, L., Roibas, D. y Wall, A. (2004): "Choosing the technical efficiency orientation to analyze firms' technology: a model selection test approach", *Journal of Productivity Analysis*, 22, pp. 51-71.
- Picazo-Tadeo, A. y Reig-Martínez, E. (2006): "Agricultural externalities and environmental regulation: evaluating good practices in citrus production", *Applied Economics*, nº 38, pp. 1327-1334.
- Picazo-Tadeo, A. y Reig-Martínez, E. (2007): "Farmers' costs of environmental regulation: reducing the consumption of nitrogen in citrus farming", *Economic Modelling* 24(2), pp. 312-328.
- Reig-Martínez E., Picazo-Tadeo, A. and Estruch, V. (2008): "The policy analysis matrix with profit-efficient data: evaluating profitability in rice cultivation", *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6(3), pp. 309-319.

- Rikkonen, P. (2005): "Scenarios for future agriculture in Finland: a Delphi study among agri-food sector stakeholders", *Agricultural and Food Science*, 14 (3), pp. 205-223.
- Rodríguez, J., Camacho, E. y López, R. (2004): "Application of Data Envelopment Analysis to Studies of Irrigation Efficiency in Andalusia", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 130(3), pp. 210-226.
- Seiford, L y Thrall, R. (1990): "Recent Developments in DEA: The Mathematical Approach to Frontier Analysis", *Journal of Econometrics*, 46, pp. 7-13.
- Senise, O. y Parras, M. (2005): "Cooperación entre empresas como proceso dinámico y su influencia en los resultados: una aproximación desde el cooperativismo andaluz". *CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, nº 51, pp. 237-268.
- Senise, O., Torres, F., Parras, M. y Murgado, E. (2008): "Factores inductores de un comportamiento medioambientalmente sostenible: el caso de las cooperativas oleícolas giennenses". *CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, nº 61, pp. 157-177.
- Shephard, R. W. (1953): *Cost and Production Functions*, Princenton: Princenton University Press.
- Shephard, R. W. (1970), "The Theory of Cost and Production Functions", Princenton: Princenton University Press.
- Simar, L. y Wilson, P., (2007). "Estimation and inference in two-stage, semiparametric models of production processes", *Journal of econometrics*, 136(11), pp. 31-64.
- Schoemaker, P. y C. Waid (1982): "An experimental comparison of different approaches to determining weights in additive utility models", *Management science*, 28, pp 182-196.
- Tzouvelekas, V., Pantzios, C. y Fotopoulos, C. (2001): "Technical efficiency of alternative farming systems: the case of Greek organic and conventional olive-growing farms," *Food Policy*, 26(6), pp. 549-569.
- UE (2007): *The olive oil and table olives sector*. Working paper of the Directorate-General for Agriculture. 73p. <http://ec.europa.eu/agriculture/>
- Vidal, F., Segura, B. y del Campo, F. (2000): "Eficiencia de las cooperativas de comercialización hortofrutícola de la Comunidad Valenciana", *Revista de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, nº 188, pp. 205-224.

ANEXO.- ESTIMACIONES COMPLETAS DE LAS FUNCIONES DISTANCIA**CUADRO A1. PARÁMETROS DE LAS FUNCIONES DE DISTANCIA (COBB-DOUGLAS NO SEPARABLES)**

	DI-CD- NSP		DO-CD- NSP		DH-CD- NSP	
	Coeficiente	Estad. Z	Coeficiente	Estad. Z	Coeficiente	Estad. Z
α_0	0,216	1,91	-0,149	-0,23	-0,015	-0,19
α_1	-0,987	-21,67				
α_2	-0,494	-1,84	0,397	8,67	0,323	7,64
α_3	-0,971	-3,64	0,471	11,05	0,400	10,41
β_1			-0,078	-3,49	-0,088	-4,69
β_2	0,351	4,30	-0,062	-3,12	-0,612	-3,62
β_3	-0,007	-0,10	0,018	1,21	0,142	1,10
δ_{11}	-0,769	-1,13	0,182	2,33	0,178	2,58
δ_{1q}	1,302	3,15	0,086	0,97	0,069	0,91
δ_{13}	-0,165	-0,03	-0,259	-3,29	-0,237	-3,46
δ_0	-1,484	-3,06	-0,192	-2,41	-0,179	-2,51
δ_1	0,309	0,44	-0,815	-0,90	-0,064	-0,83
δ_2	-0,331	-0,47	0,244	3,09	0,223	3,22
σ^2	0,719		0,006		0,005	
σ_u^2	0,648		0,000		0,001	
σ_v^2	0,071		0,006		0,005	
γ	0,901		0,058		0,158	
LLF	-27,367		100,83		112,74	
DI-CD- NSP: Cobb-Douglas, no separable en inputs y outputs, distancia en inputs.						
DO-CD- NSP: Cobb-Douglas, no separable en inputs y outputs, distancia en outputs.						
DH-CD- NSP: Cobb-Douglas, no separable en inputs y outputs, distancia hiperbólica.						

CUADRO A.2 PARÁMETROS DE LAS FUNCIONES DE DISTANCIA (TRANSLOG SEPARABLES)

	DI-TL- SP		DO-TL- SP		DH-TL- SP	
	Coeficiente	Estad. Z	Coeficiente	Estad. Z	Coeficiente	Estad. Z
α_0	0,190	2,20	-0,019	-0,39	-0,133	-11,29
α_1	-0,908	-19,13				
α_2	-0,505	-1,83	-0,285	-0,16	-1,448	-8,11
α_3	-0,873	-2,38	-0,257	-0,14	-1,429	
α_{11}	-0,150	-1,56				
α_{22}	0,508	0,21	-0,063	-1,38	-0,036	-0,73
α_{33}	-1,903	-0,73	0,150	3,39	0,149	3,06
α_{12}	0,092	0,28				
α_{13}	0,655	2,28				
α_{23}	-0,085	-0,04	0,700	0,39	1,802	10,59
β_1			-0,101	-3,66	-0,107	-5,71
β_2	0,260	3,50	-0,052	-2,72	-0,052	-3,42
β_3	0,064	0,96	0,018	1,20	0,021	1,63
β_{11}			-0,044	-1,52	-0,253	-1,09
β_{22}	0,392	2,52	-0,024	-0,56	-0,019	-0,52
β_{33}	0,238	2,05	-0,005	-0,19	0,001	0,02
β_{12}			-0,018	-0,64	-0,006	-2,24
β_{23}	-0,169	-1,32	-0,006	1,43	0,001	0,07
β_{13}			0,045	1,56	0,022	0,92
σ^2	74,487		0,006		0,006	
σ_u^2	74,424		0,000		0,006	
σ_v^2	0,063		0,005		0,000	
γ	0,999		0,097		1,000	
LLF	-28,149		104,674		118,82	
DI-CD- SP: Translog, separable en inputs y outputs, distancia en inputs.						
DO-CD- SP: Translog, separable en inputs y outputs, distancia en outputs.						
DH-CD- SP: Translog, separable en inputs y outputs, distancia hiperbólica.						

Fuente: Elaboración propia

CUADRO A.3. PARÁMETROS DE LAS FUNCIONES DE DISTANCIA (TRANSLOG NO SEPARABLES)

	DI-TL- NSP		DO-TL- NSP		DH-TL- NSP	
	Coeficiente	Estad. Z	Coeficiente	Estad. Z	Coeficiente	Estad. Z
α_0	-0,061	-0,21	-0,023	-0,61	-0,015	-0,25
α_1	-0,940	-19,79				
α_2	-0,414	-1,43	-0,030	-0,02	0,003	0,00
α_3	-1,172	-3,09	-0,002	0,00	0,056	0,04
α_{11}	-0,093	-0,83				
α_{22}	3,183	1,26	-0,211	-1,26	-0,337	-1,44
α_{33}	-1,640	-0,63	0,313	2,26	0,527	3,30
α_{12}	0,182	0,54				
α_{13}	0,316	0,96				
α_{23}	0,162	0,07	0,431	0,25	0,306	0,22
β_1			-0,118	-4,33	-0,127	-6,06
β_2	0,277	3,42	-0,054	-2,92	-0,048	-3,18
β_3	-0,058	-0,91	0,015	1,05	0,016	1,32
β_{11}			-0,090	-1,80	-0,104	-2,7
β_{22}	0,425	2,39	0,035	0,68	0,037	0,91
β_{33}	0,196	1,60	-0,006	-0,25	-0,012	-0,58
β_{12}			-0,012	-0,36	-0,005	-0,18
β_{23}	-0,177	-1,39	0,034	0,83	0,033	1,40
β_{13}			0,021	1,17	0,023	1,13
δ_{11}						
δ_{12}	0,018	0,23				
δ_{13}	0,002	0,02				
δ_{21}			-0,162	-1,10	-0,211	-1,71
δ_{22}	-0,971	-1,27	0,113	1,04	0,159	1,77
δ_{23}	1,450	3,63	-0,128	-1,64	-0,111	-1,67
δ_{31}			0,118	0,89	0,077	0,79
δ_{32}	-0,263	-0,46	-0,049	-0,50	-0,022	-0,28
δ_{33}	-1,116	-2,10	0,142	1,84	0,168	2,59
σ^2	0,095		0,005		0,004	
σ_u^2	0,001		0,000		0,001	
σ_v^2	0,094		0,005		0,003	
γ	0,005		0,060		0,231	
LLF	-20,885		110,624		126,962	
DI-CD- NSP: Translog, no separable en inputs y outputs, distancia en inputs.						
DO-CD- NSP: Translog, no separable en inputs y outputs, distancia en outputs.						
DH-CD- NSP: Translog, no separable en inputs y outputs, distancia hiperbólica.						

Fuente: Elaboración propia